



ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA UNTUK PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK PADA POLITEKNIK NEGERI SAMARINDA

Rusda^{1*}, Khairuddin Karim², Masing³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Dr. Ciptomangunkusumo Kampus Gn. Lipan Samarinda

*Email: : rusdadahlan@yahoo.com

Abstrak

Penggunaan listrik dengan kapasitas besar terkadang menghadapi berbagai macam permasalahan. Permasalahan tersebut antara lain adanya rugi-rugi jaringan dan faktor daya yang rendah. Besarnya pemakaian energi listrik dipengaruhi oleh jenis beban yang dipakai. Ada tiga sifat beban yang ada yaitu resistif, induktif, dan kapasitif. Ketiga sifat ini akan mempengaruhi besarnya faktor daya pada beban. Semakin besar faktor daya (daya aktif besar) maka sistem listrik tersebut akan semakin bagus dan sebaliknya. Oleh karena itu ketika sistem memiliki faktor daya yang rendah (daya reaktif besar) maka pihak penyedia listrik dalam hal ini PT. PLN (Persero) akan memberikan beban tarif tersendiri. Untuk menaikkan faktor daya tersebut dibutuhkan perbaikan faktor daya atau Power Factor Correction (PFC) dengan menggunakan kapasitor. Pada Politeknik Negeri Samarinda sistem kelistrikannya dilayani oleh dua buah transformator dengan kapasitas 555 kVA dan 197 kVA dan dengan beban yang variatif. Berdasarkan data yang diperoleh sistem kelistrikan pada Politeknik Negeri Samarinda memiliki faktor daya yang rendah sehingga perlu perbaikan (improvement) nilai faktor daya. Untuk menaikkan faktor daya tersebut dibutuhkan analisis untuk menentukan besar daya reaktif yang dibutuhkan untuk menentukan besar kapasitor yang akan digunakan. Dari hasil analisis, dengan memperbaiki faktor daya dari 0,7 menjadi 0,95 maka persentase pengurangan daya (KVA) yang dihasilkan sebesar 27,24 %.

Kata kunci: Faktor Daya, Perbaikan Faktor Daya, Kapasitor

1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Samarinda atau disingkat Polnes adalah sebuah perguruan tinggi negeri yang terletak di Kota Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia. Sebelumnya bernama Politeknik Universitas Mulawarman, yang resmi berdiri berdasarkan surat keputusan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi No.080/Dikti/Kep/85 tertanggal 3 Desember 1985. Polnes terakreditasi B oleh BAN-PT berdasarkan surat keputusan No.484/SK/BAN-PT/ Akred/ PT/V/ 2015 tertanggal 23 Mei 2015.

Polnes memiliki lokasi kampus di Jalan dr. Cipto Mangunkusumo, Kecamatan Samarinda Seberang dengan luas lahan 10 hektare, yang dilengkapi dengan gedung Direktorat, Ruang kuliah, Ruang Serba Guna, gedung Laboratorium dan Bengkel, Gedung Perpustakaan, Gedung Pusat Komputer, Gedung Pusat Bahasa, Gedung Pusat Kegiatan Mahasiswa dan gedung penunjang lainnya.

Kebutuhan energi listrik untuk operasional gedung disuplai dari PLN sebagai sumber utama dengan daya sebesar 197 KVA dan 555 KVA. dan sumber listrik cadangan (genset) berkapasitas 250 kVA. Genset yang dimiliki POLNES dioperasikan apabila terjadi pemadaman listrik dari pihak PLN. Sehingga diharapkan apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN kegiatan pelayanan ataupun perkuliahan terutama kegiatan Laboratorium dan Bengkel dapat tetap berjalan.

Pemakaian energi listrik disebabkan oleh banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif dimana beban induktif membutuhkan daya reaktif sedang beban kapasitif mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif ini tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam penggunaan energi listrik pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR).

Penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya semu yang merupakan daya yang disuplay oleh PLN.

Salah satu permasalahan pada penggunaan energi listrik kapasitas besar adalah buruknya faktor daya. Faktor daya sering disebut juga dengan $\cos \phi$ merupakan perbandingan antara daya nyata (P) dan daya semu (S). Dalam sistem tenaga listrik faktor daya memegang peranan yang sangat penting, rendahnya faktor daya akan menyebabkan banyak kerugian-kerugian dalam sistem tenaga listrik.

Seperti kita ketahui bahwa harga $\cos \phi$ adalah mulai dari 0 s/d 1. Berarti kondisi terbaik yaitu pada saat harga P (kW) maksimum [$P \text{ (kW)} = S \text{ (kVA)}$] atau harga $\cos \phi = 1$ dan ini disebut juga $\cos \phi$ yang terbaik. Namun dalam kenyataan harga $\cos \phi$ yang ditentukan oleh PLN sebagai pihak yang mensuplay daya adalah sebesar 0,8. Jadi untuk harga $\cos \phi < 0,8$ berarti pf dikatakan jelek. Jika pf pelanggan jelek (rendah) tentu kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunkan pelanggan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan semakin menurunnya pf sistem kelistrikan pelanggan. Akibat menurunnya pf maka akan muncul beberapa persoalan sbb:

- Membesarnya penggunaan daya listrik kWH karena rugi-rugi.
- Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR.
- Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan.

Secara teoritis sistem dengan pf yang rendah tentunya akan menyebabkan arus yang dibutuhkan dari pensuplay menjadi besar. Hal ini akan menyebabkan rugi-rugi daya (daya reaktif) dan jatuh tegangan menjadi besar. Untuk memperbesar harga $\cos \phi$ yang rendah hal yang mudah dilakukan adalah memperkecil $\cos \phi$ sehingga $\cos \phi$ mendekati 1. Sedangkan untuk memperkecil sudut ϕ itu hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (kVAR). Berarti komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

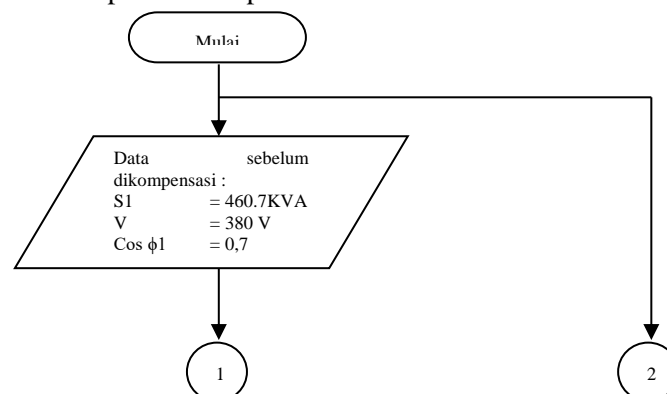
Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2017 sampai Oktober 2017 di Samarinda Kalimantan Timur, dengan objek penelitian Daya Listrik pada Politeknik Negeri Samarinda. Pengambilan data dilakukan pengukuran secara langsung dan berdasarkan data PT. PLN.

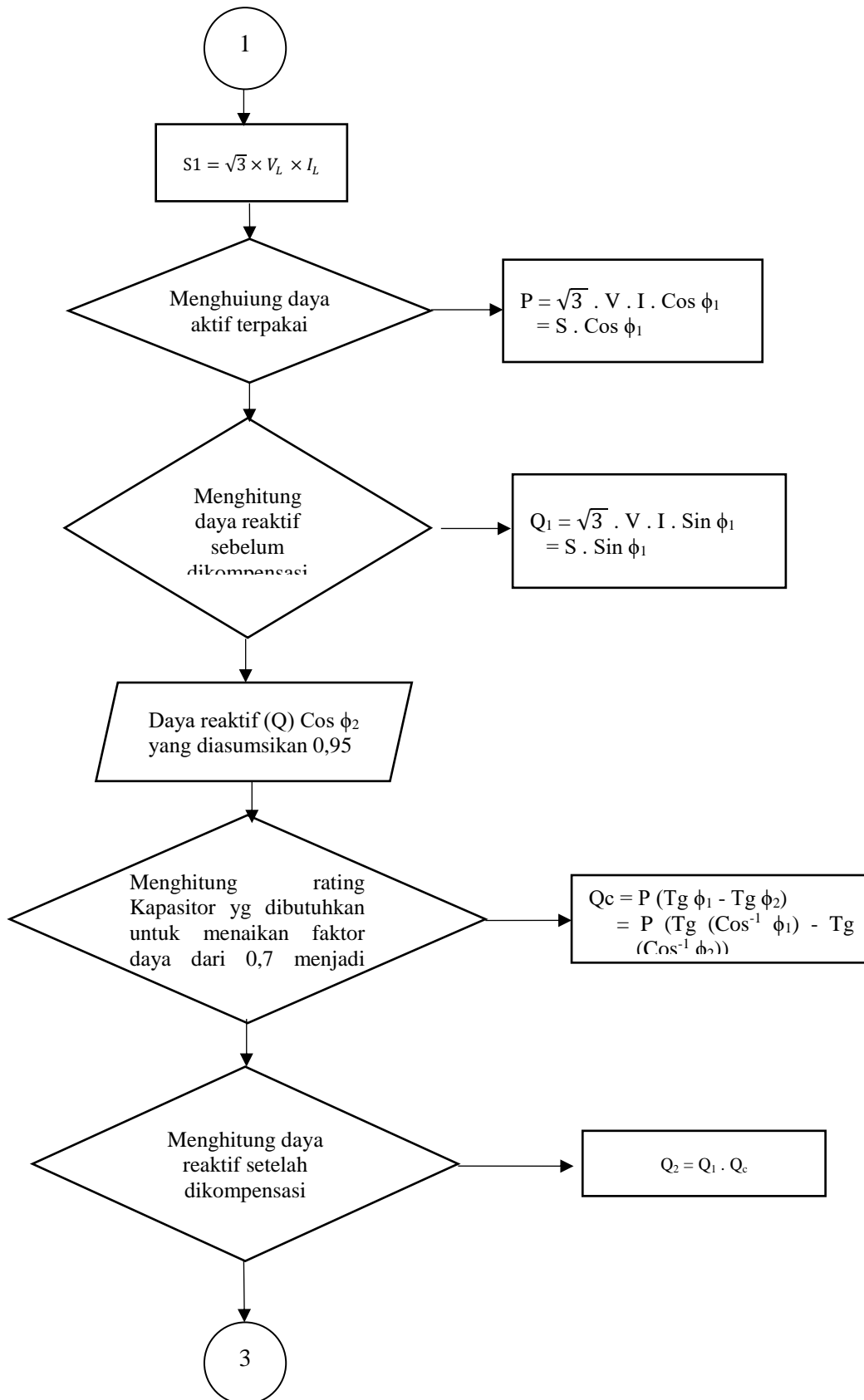
2.2 Variabel dan Cara Analisis Data

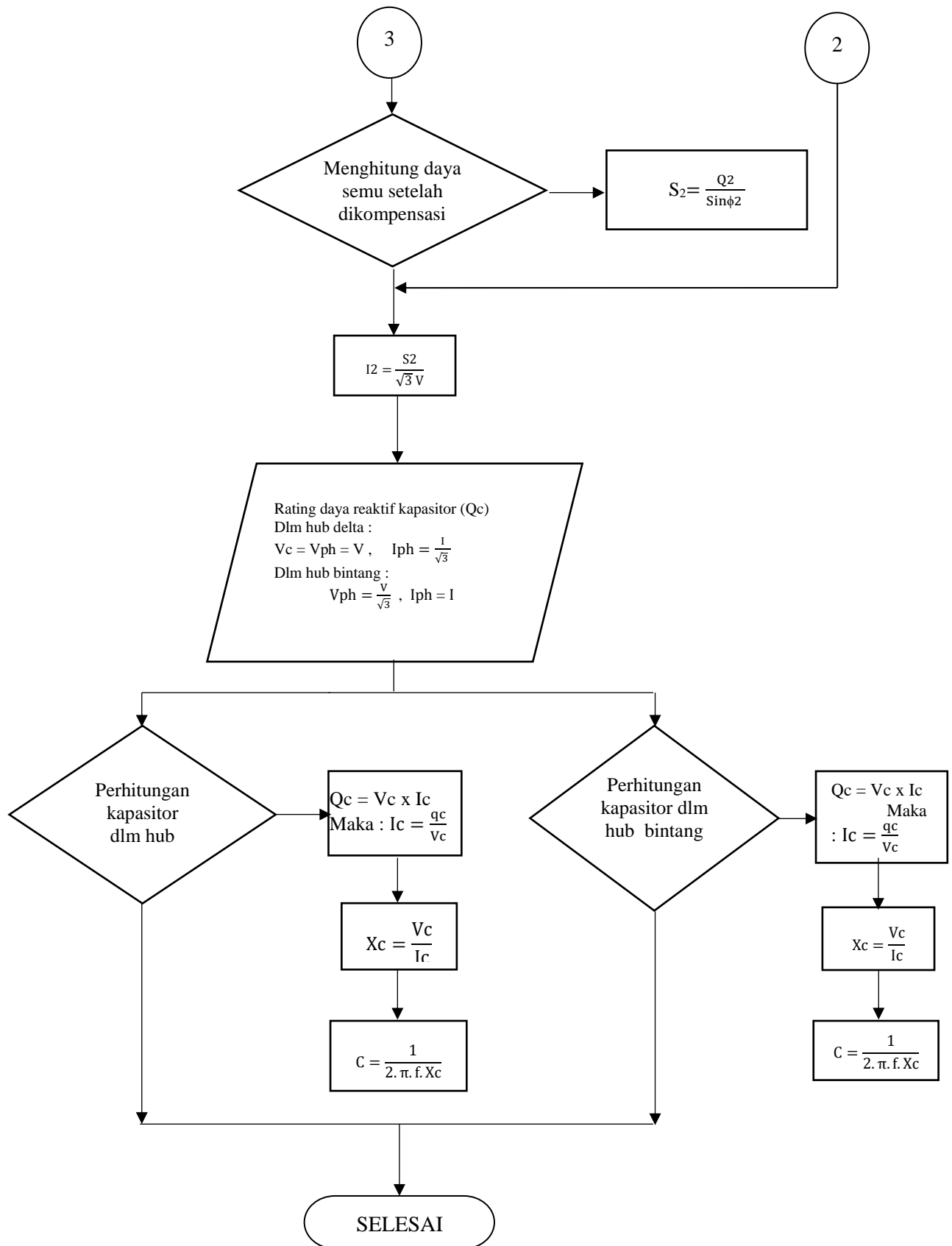
Data-data yang dibutuhkan adalah data sistem kelistrikan Politeknik Negeri Samarinda yang meliputi : Jenis beban yang digunakan, Unit-unit peralatan yang digunakan, Total daya beban tersambung (beban PLN tersambung), Total beban terpakai (beban PLN terpakai), difersity faktor ($\cos \phi$) beban maksimum, kapasitas trafo,

2.3 Analisis Data

Flow chart analisis data diperlihatkan pada Gambar 1.







Gambar 1. Flowchart analisis data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menghitung Segitiga Daya Trafo 555 KVA

3.1.1 Segitiga Daya Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Total daya beban yang terpakai di Politeknik Negeri Samarinda sebelum dilakukan perbaikan faktor daya diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Sebelum Dikompensasi oleh Kapasitor Bank

Kapasitas trafo	555 KVA
Arus (I)	700 A
Tegangan (V)	380 V
Cos ϕ	0,7

$$S_1 = \sqrt{3} \times V \times I = 460725 \text{ VA} = 460,725 \text{ KVA}$$

Dengan demikian dapat diketahui daya aktif yang terpakai dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \\ &= S \cos \phi \\ &= 460725 \times 0,7 \\ &= 322508 = 322,508 \text{ KWatt} \end{aligned}$$

Dengan persamaan daya reaktif dapat dihitung dengan cara :

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \\ &= S \sin \phi \\ &= 460725 \times 0,71 \\ &= 327115 \text{ VAR} = 327,115 \text{ KVA} \end{aligned}$$

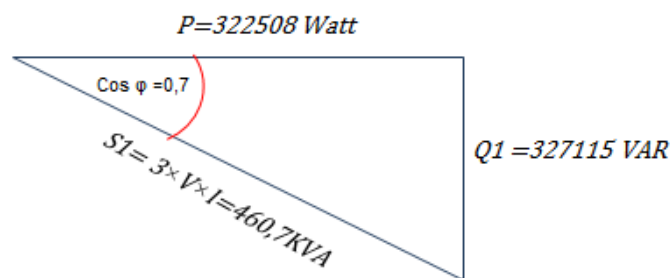
Dimana :

$$\begin{aligned} \cos \phi &= 0,7 \\ \phi &= \cos^{-1} 0,7 \\ \phi &= 45,57^\circ \\ \sin 45,57^\circ &= 0,71 \end{aligned}$$

Maka :

$$Q_1 = 327115 \text{ VAR}$$

Dari data dapat diketahui nilai – nilai besaran sebelum perbaikan faktor daya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Segitiga Daya Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Data sebelum instalasi di kompensasi atau diadakan perbaikan faktor daya dengan Bank Kapasitor diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Sebelum Dikompensasi oleh Kapasitor Bank

Arus (I_1)	700 A
Tegangan (V)	380 V
Daya Reaktif (Q_1)	327,115 KVAR
Daya Aktif (P)	322,508 KW
Daya Semu (S_1)	460,7 KVA
Faktor Daya ($\cos \phi$)	0,7

3.1.2 Menentukan Rating Daya Reaktif Capacitor yang dibutuhkan

Untuk menentukan rating kapasitor yang dibutuhkan, terlebih dahulu menentukan besarnya faktor daya yang diperbaiki. Dengan faktor daya 0,7 kemudian diperbaiki menjadi 0,95 maka diperlukan rating kapasitor sebesar :

$$Q_c = P(Tg \phi_1 - Tg \phi_2)$$

Dimana :

$$P = 322,508 \text{ KW}$$

$$\phi_1 = \cos^{-1} 0,7 = 45,57^\circ$$

$$\phi_2 = \cos^{-1} 0,95 = 18,195^\circ$$

Berdasarkan persamaan :

$$Q_c = P(Tg \phi_1 - Tg \phi_2)$$

$$Q_c = 322,508 (Tg 45,57^\circ - Tg 18,195^\circ)$$

$$Q_c = 322,508 (1,02 - 0,33)$$

$$Q_c = 322,508 (0,69)$$

$$Q_c = 222,530 \text{ KVAR}$$

Jadi besarnya daya reaktif kapasitor Q_c berdasarkan persamaan diatas adalah sebesar 222,530 KVAR. Setelah kita mengetahui besarnya daya reaktif kapasitor (Q_c) maka kita dapat mencari harga Q_2 , yaitu :

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

Dimana :

$$Q_1 = 327,115 \text{ KVAR}$$

$$Q_c = 222,530 \text{ KVAR}$$

Maka harga Q_2 adalah :

$$Q_2 = 327,115 - 222,530 \text{ VAR}$$

$$Q_2 = 104,585 \text{ VAR}$$

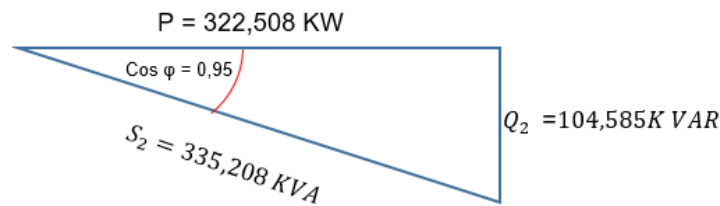
Sedangkan Untuk mencari S_2 atau daya semu yang sudah diperbaiki atau daya semu setelah dikompensasi oleh kapasitor adalah :

$$S_2 = \frac{Q_2}{\sin \phi_2}$$

$$S_2 = \frac{104,585}{0,312}$$

$$S_2 = 335,208 \text{ VA}$$

Jadi besarnya S_2 atau daya semu sesudah dikompensasi adalah 335,208 VA seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.



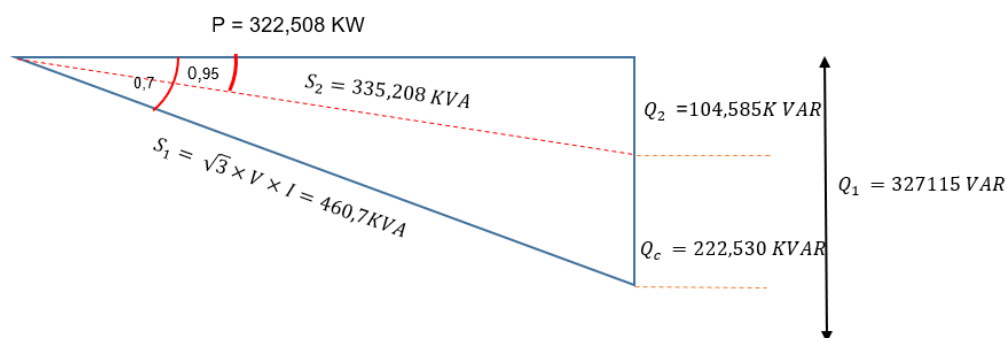
Gambar 3. Segitiga Daya Setelah Perbaikan Faktor Daya

Adapun besaran-besaran setelah dikompensasi diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Besaran Setelah Dikompensasi oleh Kapasitor Bank

Rating Daya Reaktif (Q_c)	222,530 KVAR
Arus (I_2)	509,296 A
Tegangan (V)	380 V
Daya Reaktif (Q_2)	104,585 KVAR
Daya Aktif (P)	322,508 KW
Daya Semu (S_2)	335,208 KVA
Faktor Daya ($\cos \phi_2$)	0,95

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat digambarkan segitiga daya sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya (dikompensasi) :



Gambar 4. Segitiga Daya Sebelum dan Sesudah Perbaikan Faktor Daya

3.2 Menghitung Segitiga Daya Trafo 197 KVA

3.2.1 Segitiga Daya Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Total daya beban yang terpakai di Politeknik Negeri Samarinda sebelum dilakukan perbaikan faktor daya yang disuplai dari trafo 197 KVA dipewrlihatan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Sebelum Dikompensasi oleh Kapasitor Bank

Kapasitas trafo	197 KVA
Arus (I)	126 A
Tegangan (V)	380 V
$\cos \phi$	0,7

$$S_1 = \sqrt{3} \times V \times I = 82930 VA = 82,930 KVA$$

Dengan demikian dapat diketahui daya aktif yang terpakai dengan menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \\
 &= S \cos \phi \\
 &= 82930 \times 0,7 \\
 &= 58051 = 58,051 KWatt
 \end{aligned}$$

Dengan persamaan daya reaktif dapat dihitung dengan cara :

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \sin \phi \\ &= S \sin \phi \\ &= 58051 \times 0,71 \\ &= 58880 \text{ VAR} = 58,880 \text{ KVA} \end{aligned}$$

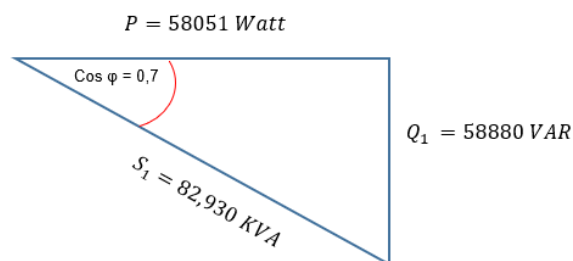
Dimana :

$$\begin{aligned} \cos \phi &= 0,7 \\ \phi &= \cos^{-1} 0,7 \\ \phi &= 45,57^\circ \\ \sin 45,57^\circ &= 0,71 \end{aligned}$$

Maka :

$$Q_1 = 58880 \text{ VAR}$$

Dari data dapat diketahui nilai – nilai besaran sebelum perbaikan faktor daya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Segitiga Daya Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Besaran-besaran sebelum diadakan perbaikan faktor daya diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Sebelum Dikompensasi Oleh Kapasitor Bank

Arus (I_1)	126 A
Tegangan (V)	380 V
Daya Reaktif (Q_1)	58,880 KVAR
Daya Aktif (P)	58,051 KW
Daya Semu (S_1)	82,930 KVA
Faktor Daya ($\cos \phi$)	0,7

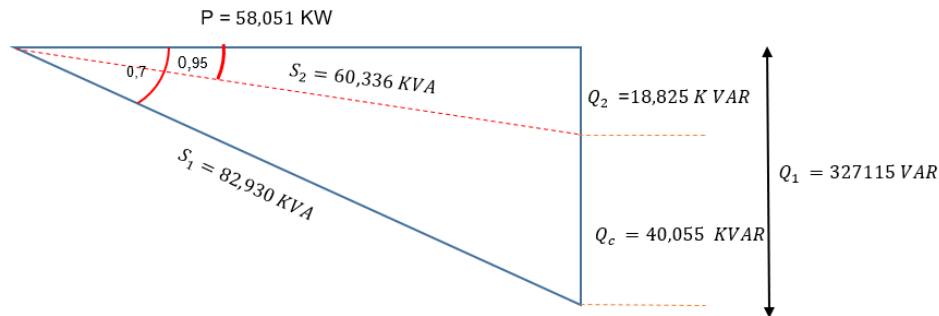
3.2.2 Menentukan Rating Daya Reaktif Capasitor yang dibutuhkan

Untuk menentukan rating capasitor yang dibutuhkan, terlebih dahulu menentukan besarnya faktor daya yang diperbaiki. Dengan cara yang sama seperti pada trafo 555 KVA, diperoleh nilai-nilai setelah perbaikan faktor daya dari 0,7 lagging menjadi 0,95 lagging seperti yang diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Besaran Setelah Dikompensasi oleh Kapasitor Bank

Rating Daya Reaktif (Q_c)	222,530 kVAR
Arus (I_2)	91,671 A
Tegangan (V)	380 V
Daya Reaktif (Q_2)	18,825 kVAR
Daya Aktif (P)	58,051 KW
Daya Semu (S_2)	60,336 kVA
Faktor Daya ($\cos \phi_2$)	0,95 lagging

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat digambarkan segitiga daya sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya (dikompensasi) :



Gambar 6. Segitiga Daya Sebelum dan Sesudah Perbaikan Faktor Daya

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode Power Factor Correction dapat dipakai untuk memperbaiki faktor daya pada Politeknik Negeri Samarinda.
2. Faktor daya awal pada Sistem kelistrikan Politeknik Negeri Samarinda adalah 0.7, hal ini disebabkan banyaknya beban induktif. Sehingga diperlukan daya reaktif tambahan untuk memperbaiki faktor daya yaitu dengan kapasitor bank.
3. Daya reaktif yang dibutuhkan untuk menaikkan faktor daya dari 0.7 menjadi 0,95 untuk trafo 555 kVA sebesar (Q_c) = 222,530 KVAR dengan Rating kapasitor (C) = 45000 μF
4. Daya reaktif yang dibutuhkan untuk menaikkan faktor daya dari 0.7 menjadi 0,95 untuk trafo 197 kVA sebesar (Q_c) = 18,825 KVAR dengan Rating kapasitor (C) = 3735 μF
5. Besar pengurangan daya (KVA) setelah perbaikan faktor daya 125,492 kVA untuk trafo 555 kVA dan 22,594 kVA untuk trafo 197 kVA.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, K., 1998, Transmisi Tenaga Listrik, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Edmister, J.A. & Nahvi, M., 2004, Rangkaian Listrik, Erlangga, Jakarta.
- Pambudi, A.S., Facta, M., dan Warsito, A., 2015, Perbandingan Kinerja Rangkaian Perbaikan Faktor Daya Jenis Konverter Buckboost Topologi Satu Tingkat Dan Dua Tingkat Dengan Beban Lampu *Flourescent*, *Jurnal : TRANSMISI*, 17,(4), e-ISSN 2407-6422, 207
- Pabla, A.S, Hadi, A., 1986, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Ramdhani, M., *Rangkaian Listrik*, 2008, Erlangga, Bandung.
- Waris, T., Kitta, I., 2011., Studi Penempatan Kapasitor Pada Sistem Distribusi, *Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring"* UNHAS, Volume 09/ No.02/Mei -Agustus.
- Zuhal, 1995, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.